

Malé jaderné reaktory – možná budoucí náhrada středních fosilních zdrojů?

V poslední době se v souvislosti s diskuzemi ohledně budoucnosti teplárenství neustále vrací otázky spojené se zajištěním zdrojů paliv pro tyto zdroje, záměny technologií či využití obnovitelných zdrojů pro tyto účely. Do těchto diskuzí samozřejmě vstupují kromě odborníků v dané problematice i zástupci různých lobbystických skupin, politici a politické strany jak na lokální, tak celostátní úrovni či neziskové a nevládní organizace s připomínkami či názory mnohdy zcela vzdálenými od technické, fyzikální či ekonomické podstaty celé věci. Podíváme-li se tedy dnes na situaci v energetice jako odvětví z hlediska skutečných fyzikálních potřeb systémů, ekonomických a obecně bezpečnostních zájmů státu jako takového, možných sociálních dopadů na obyvatelstvo a skutečných dopadů na životní prostředí, je nutno konstatovat, že v podstatě neexistuje jednoznačný postoj státní administrativy a průmyslu obecně k budoucímu rozvoji a směřování energetiky jako celku coby jedné z páteří národního hospodářství.



Petr Karafiát má vysokoškolské vzdělání v oboru strojírenství. Distanční nadstavbové studium bylo zaměřeno na oblast bezpečnosti a havarijního plánování systémů. Má zkušenosti z navrhování, výstavbu a provoz konvenčních a jaderných elektráren. Působil na různých pozicích jako designér a zástupce technického dozoru investora a dodavatele. Je členem České komory autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě. Ve firmě Alpiq pracoval od roku 1996 jako Project Manager, od roku 1997 na pozici vedoucí odboru životního prostředí. Od roku 2005 je technickým ředitelem firmy.

nedojde k úpravě těžebních limitů, bude nutno v dohledné době provést zásadní rekonstrukce zdrojové základny (plynofikace, náhrada biomasou atd.) nebo se smířit s postupným zánikem rozsáhlejších systémů CZT a jejich konverzí zpět na lokální zdroje, což samozřejmě s sebou ponese dodatečné náklady.

Řešení v podobě minireaktorů

Jednou z bezemisních, a v dohledné době komerčně dostupnou náhradou konvenčních zdrojů tepla pro kogenerační jednotky středního výkonu, se mohou stát tzv. jaderné minireaktory či nukleární baterie. V souladu s definicí MAAE (IAEA-TECDOC-1451 z května 2005, IAEA-TECDOC-1485 z března 2006 a IAEA-TECDOC-1536 z ledna 2007) se za „malé“ reaktory považují jaderná

zařízení s instalovaným výkonem do 300 MWe, což pokrývá potřeby většiny středních zdrojů. V žádném případě se nejedná o zcela nová technologická řešení, která by doposud nebyla známa. Tato výkonová třída reaktorů pracujících na různých fyzikálních principech (zejména přenosu tepla z aktivní zóny reaktoru) je po desítky let využívána pro pohon zejména válečných lodí (první byla v USA přestavěná původní německá ponorka třídy XXI osazená jaderným tlakovodním reaktorem S2W firmy Westinghouse o výkonu cca 10 MW – USS Nautilus SSN571) či některých civilních plavidel (sovětské ledoborce, pokusná americká nákladní loď Savannah).

V současné době probíhá výzkum a vývoj, příp. modifikace původně vojenských konstrukcí pro mírové využití v několika hlavních „jaderných“ velmocech jako jsou USA, Rusko, Čína, Kanada, JAR atd. Z hlediska základních konstrukčních principů a vlastní fyziky reaktorů, či baterií, existují v podstatě dva základní typy a to:



Schématiké znázornění rozměru "malého" reaktoru

- reaktory s výměnou paliva během životnosti vlastního reaktoru. V podstatě se jedná o „zmenšeniny“ běžných „velkých“ energetických reaktorů (příkladem je ruský projekt KLT-40),
- reaktory, které ve své podstatě fungují jako regulovatelné „baterie“, tj. ve výrobním závodě jsou naplněny patřičným množstvím štěpného materiálu, hermeticky uzavřeny,

Jedním ze základních témat poslední doby je budoucnost teplárenství, resp. tzv. středních zdrojů elektrické energie a tepla zajišťujících převážně dodávky tepla do systémů centrálního zásobování teplem (CZT) měst či technologickou páru pro průmyslové podniky. Vesměs se dnes jedná o kogenerační výroby, takže není zanedbatelná ani jejich funkce zdrojů elektrické energie pro bilancování soustavy a v neposlední řadě jako zdrojů elektrické energie v případě rozpadu soustavy po rozsáhlém black-outu, objevivším se z jakéhokoliv důvodu, pro účely zachování funkce tzv. kritické infrastruktury.

Vzhledem k politické nestabilitě a nerozhodnosti několika posledních vlád nebylo doposud (neboť je to stále z „různých“ netechnických důvodů odsouváno) definitivně rozhodnuto o osudu tzv. ekologických limitů a tudíž i restrikci těžby hnědého uhlí v nejbližších několika desítkách let. Na rozdíl od tzv. velké energetiky, není budoucnost teplárenství, resp. jeho zdrojů v současné době jasná. Lze zjednodušeně konstatovat, že pokud

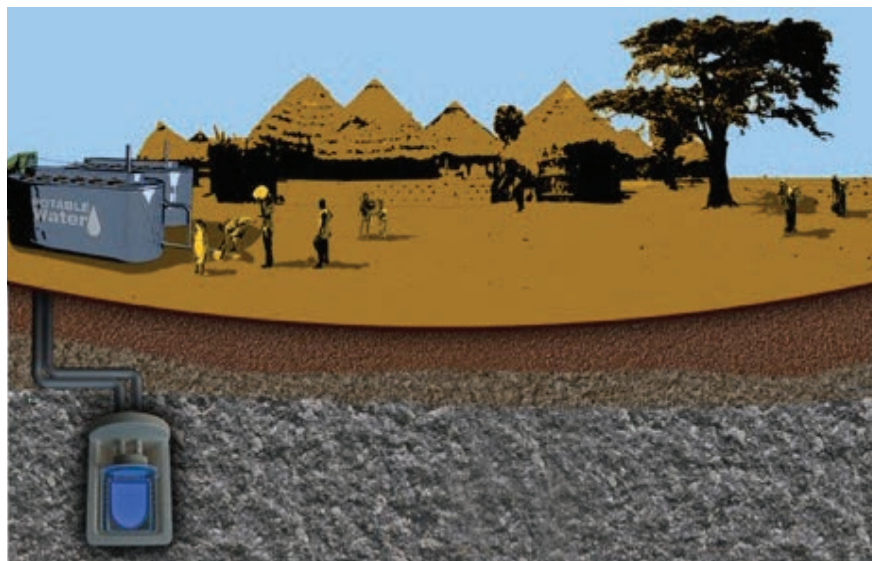
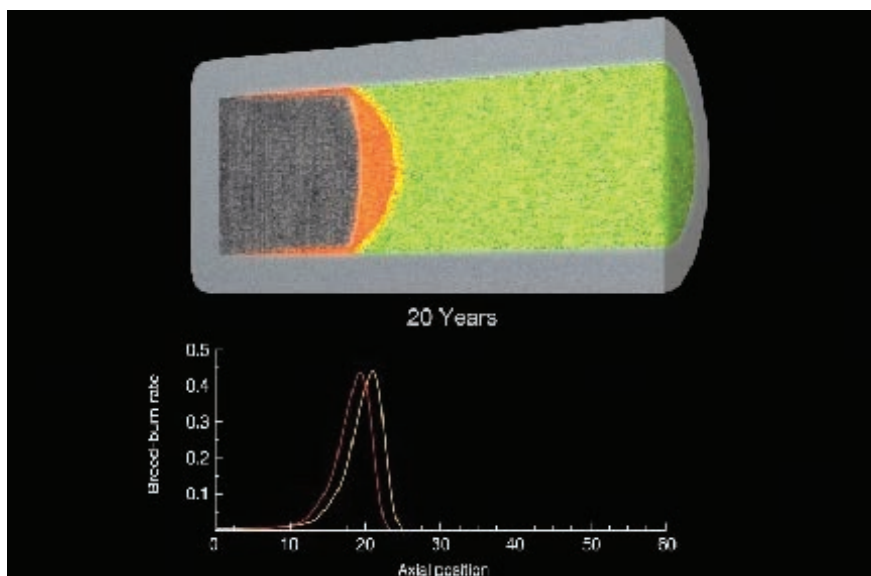


Schéma uložení reaktoru



Graf životnosti reaktorů

dovezeny na místo určení a po instalaci a propojení se sekundárním okruhem uvedeny do kritického stavu. Spuštěna štěpná reakce běžící tak dlouho, dokud se v aktivní zóně nachází dostatečné množství štěpitelného materiálu (např. uranu U^{235}). Po „vyhoření“ takovéto „baterie“ by bylo provedeno dochlazení a následný odvoz celé uzavřené nádoby do výrobního závodu, kde by byla provedena recyklace obsahu aktivní zóny a následná likvidace dále nevyužitelných komponent a neštěpitelného materiálu (příkladem je americký projekt HPM či v současnosti osazený PWR2 do nové britské ponorky s jaderným pohonem HMS Astute - spuštěný v roce 2010).

V obou případech se vzhledem k podstatně menším rozměrům aktivní zóny (řádově jednotky metrů včetně obalu) a u „jednorázových“ reaktorů s požadovanou minimální délkou „aktivního života“ kolem 10 až 15 let počítá s využitím více obohaceného uranu jako paliva až na necelých 20 % U^{235} .

Jak už jsem uvedl dříve, existuje několik desítek různých návrhů konstrukcí reaktorů, lišících se ve způsobu „manipulace“ s palivem, způsobu chlazení aktivní zóny, odvodu tepla (využití vody, plynů, tekutých kovů, např. eutektikum olovo-vizmut), regulace výkonu atd.

Původně se s využitím těchto malých a modulárních jaderných zdrojů (k sekundárnímu okruhu chlazení jednotky lze v podstatě připojit konvenční turbíny, některé z reaktorů pracují i s parametry páry srovnatelnými s parametry páry vyráběné v podkritických kotlích) počítalo jako se zdroji pro odloučené vojenské základny (US Army) či pro zajištění pokrytí energetických potřeb v oblastech, kde doposud není vybudována dostatečná infrastruktura (řídce osídlené a vzdálené oblasti zemí jako jsou např. Sibiř v Rusku, sever Kanady atd., rozvojové země, izolované ostrovy, atd.).

Bezpečnostní hledisko

Z těchto důvodů jsou již od počátku perspektivní typy navrhovány s ohledem na předpokládanou nižší technickou zdatnost obsluhujícího personálu, maximální pasivní bezpečnost vlastní aktivní zóny v případě totální ztráty vnějšího zdroje energie včetně záloh, zamezení proliferace jaderných materiálů atd. a v neposlední řadě zajištění dostatečné ochrany jak personálu zdroje, tak nejbližšího okolí před účinky radioaktivního záření.

Z hlediska bezpečnostních pravidel a právní regulace v dané oblasti (jaderná energetika) se jedná v podstatě o zcela novou kategorii jaderných instalací se svými specifickými vlastnostmi a požadavky na zajištění bezpečnosti a ochrany před ionizujícím zářením obecně. V současné době se v zásadě dokončují práce na prvních prototypch takovýchto zařízení a ta budou muset podstoupit dlouhé a složité schvalovací procesy spojené s vydáním licencí k výrobě a budoucímu provozu v civilních podmínkách. V rámci těchto procesů příslušné orgány dohlížející na jadernou bezpečnost stanoví závazné podmínky a požadavky na výstavbu, zajištění provozu, ochranu zařízení a ochranu před zářením a konečně i pro likvidaci resp. recyklaci takovýchto zařízení, které budou závazné pro budoucí výrobce, provozovatele a uživatele. Například v USA byl u tamějšího US NRC zahájen proces licencování již zmiňovaného HPM.

Jaderné minireaktory budou v blízké budoucnosti (10 až 20 let) pravděpodobně i přes současnou debatu o budoucnosti jaderné energetiky po havárii elektrárny Fukushima Daichi připraveny k nasazení ve větším měřítku. Vývoj se nijak nezastavuje, např. v USA vláda zařadila vývoj těchto zařízení mezi tzv. perspektivní technologie vedle obnovitelných zdrojů, velkých jaderných reaktorů, výroby „syntetických“ pohonných hmot a podobných technologií s cílem podstatně snížit závislost USA na dovozu ropy z nestabilních oblastí světa.

Vrátíme-li se zpět do ČR, teplárenství a tzv. střední energetika vůbec se pomalu přibližuje

k bodu zlomu kdy řešení její koncepce a zajištění zdrojové základny přestane být teoretickými cvičeními na úrovni státní administrativy či výzkumných a konzultačních institucí ale stane se tvrdou realitou každodenní hospodářské praxe. Z toho všeho tedy vyplývá, že povinností odborné veřejnosti je hledat nová technická řešení a koncepty tak, aby v dlouhodobém horizontu nedošlo k narušení nejen technické, ale i ekonomické stability odvětví. A proto případné budoucí využití malých jaderných zdrojů může a mělo by být alternativou k hrozícímu monopolu využívání zemního plynu (pokud nebudou prolomeny tzv. „ekologické limity“) či mnohdy zcela ekonomicky neopodstatněným nákladům na využívání obnovitelných zdrojů „za každou cenu“, neúměrně zatěžující peněženky občanů a nákladové stránky rozvah podnikatelů.

Ing. Petr Karafiát,
technický ředitel,

Alpiq Generation (CZ) s.r.o.

Tento článek bude umístěn i na www.allforpower.cz a je možné se k němu v rámci diskuze vyjádřit. Věříme, že získáme jednak my ale i autor zajímavou zpětnou vazbu.

Před vydáním tohoto článku jsme požádali autora ještě o doplňující otázky:

ROZHOVOR S PETREM KARAFIÁTEM

Nemůže být problémem, který zbrzdí nebo dokonce znemožní rozvoj tohoto způsobu zajištění energií hrozba zneužití štěpného materiálu a terorismu?

Reaktor-baterie je ve svém principu uzavřená nádoba naplněná definovaným množstvím štěpitelného materiálu (např. U^{235}), která je hermeticky uzavřená ve výrobním závodě. Předpokládá se, že vzhledem k požadavkům na pasivní ochranu před radiací, samotnou pevnost a tepelnou odolnost nádoby „reaktoru“ a vlastní obsah uranu a dalších komponent (např. HPM by měl být chlazený eutektikem olovo-vizmut) bude hmotnost samotného „reaktoru“ několik desítek tun a tudíž manipulace s ním bude možná jen za pomoci těžké techniky a přeprava za pomoci těžkých silničních souprav či železnice.

Bude třeba možné nádobu otevřít?

„Otevřít“ nádobu na místě bude vzhledem ke konstrukci prakticky nemožné, resp. jakékoliv odstranění stínících vrstev by se rovnalo de facto sebevraždě díky zbytkové radiaci uvnitř vychladlé aktivní zóny. Navíc, vzhledem k požadavkům na maximální pasivní bezpečnost budou tyto reaktory umístěny do podzemních železobetonových a pravděpodobně i vzhledem k požadavkům na pasivní ochranu proti ionizujícímu záření, ocelovými pláty zesílených šachet shora uzavřených železobetonovým vikem. Samozřejmě takováto

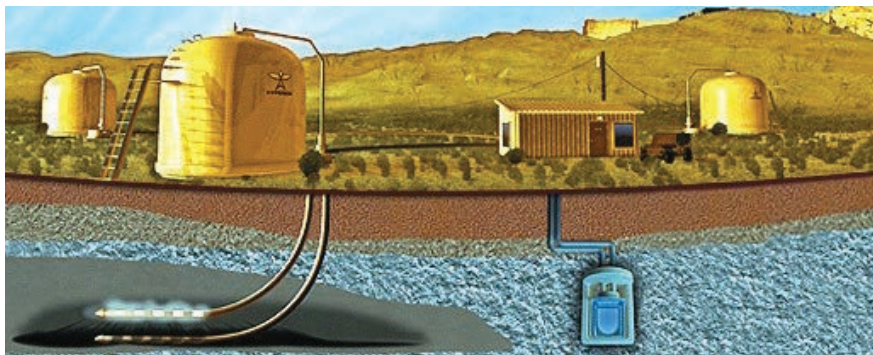


Schéma uložení "malého" reaktoru

„elektrárna“ či „teplárna“ bude muset mít zajištěnu i klasickou ochranu typu dostatečně pevného oplocení, elektronický zabezpečovací systém, kamerové systémy a fyzickou ostrahu, i když v podstatně menším rozsahu než klasická jaderná elektrárna.

I přesto, masivní a propracovaný útok by, podle Vás, nebyl úspěšný?

Systém ostrahy by měl sloužit k vyvolání poplachu a zdržení potenciálního útočníka tak dlouho, než dorazí patřičně vyzbrojený oddíl a útočníky zneškodní. Na druhé straně, v Evropě asi nelze dost dobře předpokládat, že by se povedlo provést útok na podobné zařízení v takovém rozsahu a s takovým vybavením, že by útočníci byli schopni nejen zlikvidovat ostrahu elektrárny, aktivní a pasivní prvky ochrany, ale též se vypořádat s ozbrojenou jednotkou policie či armády a současně s tím

dovést těžkou techniku, reaktor vypojit, demontovat a odvézt. Takováto akce by si vyžadovala nejen dostatečný počet ke všemu odhodlaných mužů, ale též mužů dobře vycvičených v boji, s patřičnou výzbrojí a dále zajištění potřebné techniky a expertů, kteří by dokázali takovéto zařízení „ukrást“. A to vše by muselo proběhnout velmi rychle, než dorazí patřičně vyzbrojené policejní či vojenské jednotky. Berte to jako názor člověka, který si dovede představit, jak asi bude takovýto reaktor vypadat a člověka, který prošel výcvikem v armádě, čili si aspoň rámcově dovede představit, co by takovýto případ znamenal z hlediska vlastního útoku. Jinak se zeptejte radši expertů od Policie ČR nebo Armády České republiky.

Jaká je podle Vás největší výhoda těchto minireaktorů oproti klasickým jaderným elektrárnám?

Jednou z hlavních výhod oproti klasické jaderné elektrárně by měla být relativní jednoduchost obsluhy takovýchto zařízení. Malý reaktor či baterie by měl mít jednoduchou regulaci výkonu a hlavně být vybaven několikanásobným systémem nouzového odstavení nezávislým na manipulačních obsluhách (nejlépe pracujících třeba na principu gravitačního pádu moderačních elementů do aktivní zóny při ztrátě vnějšího napájení či překročení dovoleného výkonu, dochlazení zóny po odstavení pomocí přirozeného oběhu chladiva, využití vhodného chladiva atd.) tak, aby vlastní „jaderná“ část byla maximálně odolná vůči chybám obsluhy.

Kdo by měl takové zařízení obsluhovat?

Samozřejmě si nelze představit, že obsluhu takového zdroje bude zajišťovat osoba, které těsně předtím obsluhovala místní horkovodní plynovou kotelnou. Určitě budou požadavky na obsluhu takového zdroje podstatně nižší než klasické JE (organizace atd.), na druhé straně pracovníci zajišťující řízení tohoto „bloku“ budou muset určitě mít vzdělání zahrnující znalosti jaderné fyziky v potřebném rozsahu, konstrukce reaktoru, termodynamiky atd. Tyto požadavky by měly být nastaveny v rámci budoucí definice bezpečnostních pravidel a základních provozních požadavků během procesu certifikace a „zkušebních“ provozů prvních instalací.

(red)



®

Dodávky strojírenských uzlů a prefabrikátů
pro energetiku, stavebnictví, petrochemii a plynárenství

Vyrábíme komponenty pro energetiku.

- ČÁSTI KOTLŮ
- VT PAROVODY
- PREFABRIKOVANÉ POTRUBÍ
- TRUBKOVÉ OHYBY
- PŘÍRUBY
- SPECIÁLNÍ ENERGETICKÉ MATERIÁLY
- TVAROVÉ KUSY Z VÝKOVKŮ ...



JINPO PLUS, a.s.
Křišťanova 1113/2
702 00 Ostrava
tel.: +420 597 469 111
fax: +420 597 469 112
e-mail: martinak@jinpo-plus.cz

www.jinpo-plus.cz